

Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente
Vestiging Aalsmeer
Linnaeuslaan 2a, 1431 JV Aalsmeer
Tel. 0297-352525, fax 0297-352270

ISSN 1385 - 3015

VASTSTELLEN VAN GRENSWAARDEN VOOR LUCHTVOCHTIGHEID BIJ ENERGIEBESPARENDE KASKLIMAATREGELING MET BEHOUD VAN KWALITEIT IN SIERTEELTPRODUCTEN

Fase I: kennisbeschrijving en uitwerking vervolg experimenten

Project 1327

A. de Gelder
Aalsmeer, januari 2000

Rapport 240
Prijs f 25,00

Rapport 240 wordt u toegestuurd na storting van f 25,00 op banknummer 300 177 976 ten name van Proefstation Aalsmeer onder vermelding van 'Rapport 240, Vaststellen van grenswaarden voor luchtvochtigheid bij energiebesparende kasklimaatregeling met behoud van kwaliteit in sierteeltproducten'.

571362

INHOUD

VOORWOORD	5
SAMENVATTING	7
1. VERKENNING VAN DE RELATIE TUSSEN ENERGIEBESPARING EN PRODUCTKWALITEIT	9
1.1 Licht	10
1.2 CO ₂	10
1.3 Temperatuur	10
1.4 Samenspel van factoren	11
2. LUCHTVOCHTIGHEID	12
2.1 Termen	13
2.2 Luchtvochtigheid en verdamping	13
2.3 Luchtvochtigheid jaarrond	15
2.4 Luchtvochtigheid en ziekten	17
2.5 Luchtvochtigheid en naoogstkwaliteit	18
2.6 Luchtvochtigheid en opname van voedingsstoffen	20
2.7 Luchtvochtigheid en groei	20
2.8 Luchtvochtigheid en afwijkingen	21
2.9 Conclusies	22
3. PROBLEEMFORMULERING	24
3.1 Botrytisgevoeligheid en infectiedruk	25
3.2 Gedrag huidmondjes	25
3.3 Overgangen in verdamping	25
3.4 Langdurige lage verdamping	26
3.5 Proefvoorstellen	26
LITERATUUR	27

VOORWOORD

Dit rapport bevat een weergave van een literatuuronderzoek over de relatie luchtvochtigheid en kwaliteit. De meeste gegevens hierin zijn afkomstig van Nederlands onderzoek. De literatuur is wel breder onderzocht, maar gaf in het algemeen weinig aanknopingspunten voor de Nederlandse kassituatie.

Diverse collega's hebben dit rapport doorgenomen. Ik dank hen hartelijk voor hun bijdrage. Veel opmerkingen zijn verwerkt, maar lang niet alles kon worden verwerkt. Het betoog in het rapport is opgebouwd uit een groot aantal - op zich - losse stukken, omdat luchtvochtigheid met veel factoren te maken heeft. Waar gepleit werd voor een verdere uitbouw en opzet van een meer samenhangend betoog is hieraan niet voldaan. Dit zou een volledig herschrijven van het rapport inhouden, wat binnen de gestelde tijd niet kan worden gerealiseerd.

Belangrijke doelstelling was het in kaart brengen van de witte vlekken over de relatie tussen luchtvochtigheid en kwaliteit. Op basis daarvan is een voorstel voor vervolgonderzoek uitgewerkt.

Dit rapport en het projectvoorstel vormen de resultaten van het project 1327, fase1. Daarnaast is vanuit het werk voor dit rapport een bijdrage geleverd aan de verkenning 'Ontvochtiging en Klimaatbeheersing', een rapport van IMAG-DLO en PBG aan NOVEM.

SAMENVATTING

Het onderzoekprogramma '*Energiebesparing in de beschermde teelten*' moet de bouwstenen leveren voor de ontwikkeling van nieuwe energiebesparende kasklimaatregelingen. Daarbij zijn handhaving van het productieniveau en de kwaliteit van het product belangrijke randvoorwaarden. De productkwaliteit omvat alle aspecten van kwaliteit; uitwendige eigenschappen, bij de oogst meetbare parameters en gedrag na de oogst. In dit project is kwaliteit beperkt tot transportgevoeligheid en houdbaarheid. Kwaliteitshandhaving na de oogst wordt belangrijker, bovendien nemen de aanwijzingen voor teeltinvloeden op deze kwaliteit toe.

In hoofdstuk 1 is een korte speurtocht gemaakt naar mogelijke verbanden tussen productkwaliteit, als gedrag na de oogst, en de teeltfactoren licht, CO₂ en temperatuur, met het oog op energiebesparende kasklimaatregelingen bij siergewassen. Deze speurtocht leert dat voor genoemde factoren de grenzen niet zeer kritisch zijn. Bij enkele gewassen zal met specifieke eisen rekening gehouden moeten worden.

In hoofdstuk 2 is een verkenning gedaan naar de mogelijke schadelijke effecten van luchtvochtigheid op de kwaliteit van het product. Voor de kwaliteit van siergewassen zijn de volgende negatieve effecten van een hoge luchtvochtigheid beschreven.

- aantasting door Botrytis en andere ziekten
- optreden van glazigheid en bladnecrose
- breekstelen
- calciumgebrek
- verkorting van vaasleven

De oorzaken voor het optreden van problemen zijn gelegen in:

- verhoging van de gevoeligheid voor Botrytis en andere ziekten; daarbij heeft de luchtvochtigheid een direct effect op de infectiedruk;
- gedrag van huidmondjes bij hoge luchtvochtigheid, mogelijk in combinatie met assimilatiebelichting;
- plotselinge overgangen in verdamping;
- langdurige geringe verdamping.

Alle vier problemen stellen eigen eisen aan de regeling van de luchtvochtigheid, omdat de processen, die de mogelijke problemen veroorzaken, verschillen.

In hoofdstuk 3 worden tot slot twee typen experimenten voorgesteld.

I : Onderzoek naar de regulerende werking van vochtdeficit op huidmondjes bij roos. Dit kan het beste in het najaar onder geconditioneerde omstandigheden in kleine kasruimten plaatsvinden.

II: Onderzoek naar schadelijke effecten van verschillende mate van vochtregeling bij jaarrondtoepassing van meerdaagse temperatuurintegratie op de naoogstkwaliteit van Dieffenbachia, Begonia en/of Ficus benjamina 'Starlight'.

Het voorstel voor roos is volledig uitgewerkt tot een voorstel dat is ingediend bij de NOVEM ter financiering.

1. VERKENNING VAN DE RELATIE TUSSEN ENERGIEBESPARING EN PRODUCTKWALITEIT

Reductie van het energiegebruik is de drijfveer voor veel ontwikkelingen op het gebied van kasconstructies, kasklimaatregelingen en nieuwe teeltsystemen. Besparingen zijn in de jaren tachtig vooral bereikt bij energieopwekking en door toepassing van schermen in de kas. Van kasklimaatregelingen werd slechts een geringe bijdrage verwacht (Van der Velden et al., 1995). De ontwikkelingen op het terrein van de kasklimaatregelingen blijken echter wel duidelijke perspectieven te bieden voor energiebesparing (Rijsdijk et al., 1998). Voor de toekomst wordt daarom meer verwacht van de combinatie van optimale inzet van energiebronnen, schermen en kasklimaatregeling met behulp van de klimaatcomputer (Van der Velden et al., 1998). Het onderzoekprogramma *'Energiebesparing in de beschermde teelten'* moet hiervoor de bouwstenen leveren. Daarbij zijn handhaving van het productieniveau en de kwaliteit van het product belangrijke randvoorwaarden.

De productkwaliteit omvat alle aspecten van kwaliteit: uitwendige eigenschappen, bij de oogst meetbare parameters en gedrag na de oogst. In dit project wordt voor handhaving van de productkwaliteit de nadruk gelegd op die aspecten van kwaliteit die in de afzetketen en bij de consument belangrijk zijn. Kwaliteit wordt beperkt tot transportgevoeligheid en houdbaarheid. Bij de ontwikkeling van nieuwe energiebesparende technieken en regelingen is tot nu toe de nadruk gelegd op de handhaving van de bij de oogst meetbare parameters, zoals lengte, gewicht en grootte. Kwaliteitshandhaving na de oogst wordt belangrijker, bovendien nemen de aanwijzingen voor teeltinvloeden op deze kwaliteit toe (Marissen en Benninga, 1999).

Veranderingen bij de energieopwekking hebben geen directe relatie met productkwaliteit, behalve als de beschikbare hoeveelheid CO₂ toeneemt. Energieopwekking en teelt zijn meestal fysiek gescheiden systemen, met uitzondering van hetelucht-verwarming en CO₂-opwekking met branders in de kas. Veranderingen aan de kas, het teeltsysteem of de klimaatregeling kunnen de productkwaliteit wel beïnvloeden. Gewijzigde condities rond een plant laten de processen in de plant anders verlopen (De Koning, 1995). De belangrijkste kasklimaatfactoren die de groei van planten beïnvloeden zijn licht, CO₂, temperatuur en luchtvochtigheid (Challa en Bakker, 1995). De mogelijke verbanden tussen energiebesparing en productkwaliteit en de factoren licht, CO₂ en temperatuur worden in de volgende paragrafen kort besproken. De informatie over deze factoren wordt niet uitputtend behandeld, omdat het project niet op de relaties van deze factoren met productkwaliteit en energiebesparing is gericht.

Op luchtvochtigheid in relatie tot energiebesparing en productkwaliteit wordt in hoofdstuk 2 dieper in gegaan. Luchtvochtigheid is mogelijk een beperkende factor voor maximale energiebesparing met nieuwe kasklimaatregelingen (Bakker en De Zwart, 1999; Rijsdijk, 1998a).

1.1 LICHT

Zonlicht is de primaire bron van energie waardoor planten groeien en de kas warm wordt. Telers maken hiervan dankbaar gebruik. De invloed van licht op productkwaliteit is vooral te vinden in uiterlijke kenmerken, zoals bladgrootte, kleur van de bloem, aantal bloemen en gewicht. Bij de ontwikkeling van planten kan een tekort aan licht leiden tot abortie van knoppen, onvoldoende kleuring van bladeren of dunne takken (Vonk Noordegraaf en Welles, 1995; Vonk Noordegraaf, 1995). Meer licht kan de houdbaarheid van potplanten (Ter Hell en Hendriks, 1994) en snijbloemen (Fjeld et al., 1994) verbeteren.

Een teveel aan licht kan leiden tot kwaliteitsvermindering, bijvoorbeeld bij *Anthurium andreaeanum* (Durieux et al. 1997). Dit treedt alleen in de zomer op, een periode waarin weinig energie bespaard kan worden. Teveel licht wordt opgeheven door gebruik van schermen (Van Holsteijn, 1985b).

In de winter wordt tekort aan licht deels opgevangen door toepassing van assimilatiebelichting. Bij gebruik van assimilatiebelichting gedurende meer dan 20 uur per dag zijn schadelijke effecten gevonden op de kwaliteit na de oogst bij roos (Slootweg en Van Meeteren, 1991). Bij potplanten kan overgang van lichtrijke teeltomstandigheden naar donkere huiskamercondities problemen geven met de houdbaarheid (Conover en Poole, 1984, Fjeld, 1992).

Van de Velden et al. (1998) rekenen assimilatiebelichting tot de teeltmaatregelen die extra energie vragen. Assimilatiebelichting kan wel een gunstig effect hebben op de energie-efficiëntie van een teelt. Voor optimaal inzetten van assimilatiebelichting moet met bovengenoemde effecten op de kwaliteit rekening gehouden worden.

1.2 CO₂

Blacqui re en Stapel (1996) hebben een literatuurstudie gedaan naar de invloed van CO₂ op de productie en kwaliteit van potplanten en snijbloemen. In de teelt heeft CO₂ diverse effecten, onder andere productieverhoging en bloeivervroeging. De productkwaliteit gemeten in steellengte, aantal bloemen of gewicht verbetert. Over positieve of negatieve effecten op houdbaarheid is door hen weinig gevonden. Vonk Noordegraaf (1995) vermeldt ook geen effecten van CO₂ op houdbaarheid. Mortensen en Gisler d (1996) vonden geen effect van verhoging van CO₂-concentratie op het vaasleven van rozen.

Bij energiebesparende kasklimaatregelingen zal CO₂ waarschijnlijk niet limiterend zijn voor de kwaliteit van het product na de oogst.

1.3 TEMPERATUUR

Bij onderzoek naar toepassing van tabletverwarming vond Vogelezang (1992) geen nadelige effecten op de houdbaarheid van een aantal potplanten. De toepassing van

temperatuurintegratie binnen een periode van 24 uur had geen nadelige effecten op de kwaliteit van een aantal bloeiende en groene potplanten en rozen (Rijdsijk et al., 1998). Het onderzoek met verschillende teelttemperaturen bij roos (Marissen, pers. med.) gaf een gering positief effect van hogere temperaturen op de houdbaarheid van 'First Red', 'Sacha' en 'Frisco' te zien.

Voor energiebesparende kasklimaatregelingen lijkt ook voor deze factor geen duidelijke limiet te zijn. Buwalda heeft de effecten van temperatuur uitvoeriger beschreven (Buwalda, 1996 ; Buwalda et al., 1999)

1.4 SAMENSPEL VAN FACTOREN

Deze beperkte speurtocht naar mogelijke verbanden tussen productkwaliteit, als gedrag na de oogst, en de teeltfactoren licht, CO₂ en temperatuur, met het oog op energiebesparende kasklimaatregelingen bij siergewassen leert dat voor deze factoren de grenzen niet zeer kritisch zijn. Bij enkele gewassen zal met specifieke eisen rekening gehouden moeten worden.

In de tuinbouwpraktijk gaan lichtintensiteit en temperatuur meestal gelijk op. Hierdoor is het vaak niet mogelijk om de effecten van deze factoren te scheiden. Alleen in de winter, als de lichtintensiteit zeer laag wordt, is er een duidelijke ontkoppeling, doordat de kastemperatuur op peil wordt gehouden. Het samenspel van de invloed van factoren wordt nog complexer als ook luchtvochtigheid en CO₂ hierbij worden betrokken (De Koning, 1995; Rijdsijk 1998b). In de uitwerking van proeven zal dit verwerkt moeten zijn.

2. LUCHTVOCHTIGHEID

Luchtvochtigheid is een belangrijk aspect van het kasklimaat (Bakker, 1993a). De regeling van de luchtvochtigheid kan een remmende factor zijn bij de toepassing van nieuwe kasklimaatregelingen (Bakker en De Zwart, 1999; Rijdsdijk, 1998a). De energiebesparing wordt kleiner als de luchtvochtigheid onder een gewenst niveau moet worden gehouden. Afvoeren van vocht kost energie. Als in de klimaatregeling een maximale waarde voor de luchtvochtigheid is ingesteld en deze wordt overschreden, wordt alles in het werk gesteld om dit vocht weer kwijt te raken. Dat een strikte regeling voor luchtvochtigheid nodig zou zijn is discutabel. Maatregelen om de luchtvochtigheid te verlagen zijn in veel gevallen helemaal niet nodig, zeker niet als de periode van korte duur is (Van Weerdenburg, 1997).

In een kas bestaat een evenwicht tussen vochtaanvoer en –afvoer. Het vocht komt hoofdzakelijk in de lucht door transpiratie van de plant en verdamping uit de grond of het substraat. De kaslucht verliest vocht door condensatie en ventilatie. Voor condensatie zijn oppervlakken nodig waarvan de temperatuur lager is dan het dauwpunt van de lucht. In de kas vindt condensatie plaats tegen kasconstructie en glas, soms ook op plantendelen. De ventilatie gaat in hoofdzaak via luchtramen. Het vochtgehalte van de buitenlucht is altijd lager dan die van kaslucht. Bij ventilatie zal meer vocht van de kas naar buiten gaan dan er inkomt. Daarbij gaat energie verloren omdat de buitenlucht kouder is dan de kaslucht, ook gaat in de vorm van waterdamp veel latente energie verloren (Campen en Bakker, 1999). Voor toekomstige kassen wordt verwacht dat gerichte vochtbeheersing mogelijk is (Bakker et al., 1998).

In nieuwe kasklimaatregelingen kunnen minima, maxima en streefwaarden voor kasklimaatgrootheden worden opgegeven (Rijdsdijk, 1998). Vanuit energiebesparingsoogpunt zou het gewenst zijn als een maximale waarde voor luchtvochtigheid gekoppeld is aan een periode gedurende welke deze mag worden overschreden voordat het kasklimaat moet worden aangepast. Dit hangt samen met de snelheid waarmee de luchtvochtigheid tot een gewenst niveau kan worden teruggebracht en de reactie van de plant en zijn omgeving op een dergelijke overschrijding. Bakker (1991) trekt een parallel tussen temperatuur en luchtvochtigheid. De duur van de blootstelling en de hoogte van een bepaalde omstandigheid bepalen samen de reactie van de plant. Bij temperatuur is de vorm van de doses*respons-curve steeds meer verfijnd en zijn verschillende benaderingen gehanteerd (Buwalda, 1996). De vraag kan gesteld worden of luchtvochtigheid in de praktijk op een gelijke wijze als temperatuur kan worden benaderd. Beïnvloedt luchtvochtigheid de plantprocessen op een gelijke wijze als temperatuur? Kan een periode van hoge luchtvochtigheid gecompenseerd worden door een periode van lage luchtvochtigheid?

Voor het goed toepassen van gerichte beheersing van het vochtgehalte van lucht is kennis nodig over de effecten van het vochtgehalte van lucht op de kwaliteit van het product. De introductie van energiebesparende maatregelen leidde in de jaren '80 al tot problemen met de beheersing van de luchtvochtigheid. In de dichtere kassen werd de luchtvochtigheid hoog (Van den Berg, 1983). In die periode verschenen artikelen in vakbladen die de mogelijke nadelige effecten van hoge luchtvochtigheid op planten belichten. In voorlichtende artikelen werden verschillende redeneringen over het gedrag

van planten bij lage of hoge relatieve luchtvochtigheid beschreven. Een goede onderbouwing van de plantreacties is in deze artikelen niet gegeven.

2.1 TERMEN

Bij vochtigheid van lucht is het belangrijk aandacht te hebben voor de gebruikte grootheden. Onderscheid wordt gemaakt in vochtgehalte, dampspanning, vochtdeficit en relatieve luchtvochtigheid (Van Holsteijn, 1993). Bij het interpreteren van onderzoek en praktijkadviezen moet hier zorgvuldig opgelet worden.

- Het vochtgehalte is het aantal gram vocht per m³ lucht.
- De dampspanning is de partiële druk van de in de lucht aanwezige waterdamp. De dampspanning vertoont een vrijwel lineair verband met het vochtgehalte.
- Het vochtdeficit is het aantal gram vocht dat per kg droge lucht nog aan de lucht kan worden toegevoegd voordat deze verzadigd is.
- De relatieve luchtvochtigheid is de verhouding tussen het vochtgehalte en het maximale vochtgehalte bij die temperatuur.

2.2 LUCHTVOCHTIGHEID EN VERDAMPING

Van de plantkundige processen reageert de verdamping snel op de luchtvochtigheid. (Bakker en Van Holsteijn, 1993; De Graaf, 1995). Verhoging van de luchtvochtigheid vermindert de verdamping sterk (Gislerød et al., 1987). Verlaging van de luchtvochtigheid stimuleert de verdamping. Op schommelingen in luchtvochtigheid zal een plant reageren door het openen of sluiten van de huidmondjes. De huidmondjes zijn ook de belangrijkste plaatsen van uitwisseling van CO₂ en O₂ met de omgeving. De CO₂ concentratie van de lucht beïnvloedt eveneens de opening van de huidmondjes. Via het beïnvloeden van de huidmondjes kan luchtvochtigheid een indirect effect hebben op de fotosynthese. Kortstondige stimulatie van de verdamping, waardoor de huidmondjes mogelijk iets zullen sluiten, hoeft echter niet belemmerend te zijn voor de fotosynthese.

In de praktijk wordt regelmatig geadviseerd om de verdamping van een gewas te bevorderen door de instelling van een minimum-buistemperatuur. Dit komt in veel artikelen in vakbladen naar voren. De achterliggende gedachte is dat voor goede groei en ontwikkeling de plant een minimale verdamping moet hebben. Voorlichters schrijven in termen van een actief gewas en een actief klimaat. Hieronder verstaan ze dan omstandigheden waarin de plant gedwongen wordt tot een zekere mate van verdamping. Een actief klimaat heeft een relatieve luchtvochtigheid van minder dan 85%; er wordt zonodig gelijktijdig gelucht en gestookt. Een dood klimaat is daarentegen een omstandigheid met hoge relatieve luchtvochtigheid, bij een hoge buitentemperatuur en weinig wind. Bij een dood buitenklimaat kan een kas vrijwel geen vocht afvoeren door ventilatie of condensatie. Voor condensatie en ventilatie is volgens Boonstra (1983) luchtbeweging nodig. Hierdoor zou het in de lucht aanwezige vocht komen op condensatieplaatsen of via ventilatie verdwijnen. De vraag is echter of dit juist is, vocht zal zich verplaatsen onder invloed van verschillen in dampspanning. De snelheid van verplaatsen van vocht wordt wel door luchtbeweging bevorderd.

Bij adviezen over een 'actief klimaat' wordt verondersteld dat de relatieve luchtvochtigheid de drijvende kracht is voor de verdamping. Dit is niet juist. De verdamping wordt bepaald door het verschil in vochtgehalte van de lucht en het

vochtgehalte in de stomataire holte. De mate van verdamping wordt geregeld door de opening van de huidmondjes. De bladtemperatuur is heel belangrijk voor het verschil in dampspanning. In de stomataire holten en de intercellulairruimten is de lucht verzadigd met water. Het vochtgehalte is daarom gelijk aan het maximale niveau dat bij de gegeven bladtemperatuur mogelijk is. Bij een hogere bladtemperatuur zal de verdamping toenemen, omdat het verschil tussen de dampspanning in de stomataire holte en de kaslucht toeneemt (De Graaf, 1993; Van Holsteijn, 1993). De bladtemperatuur is te verhogen door het gewas te verwarmen door middel van verwarmingsbuizen. De stralingswarmte zal plaatselijk de bladtemperatuur verhogen ten opzichte van de luchttemperatuur, waardoor de verdamping toeneemt. Bij rozen nam daardoor de transpiratie toe bij verhoging van de ingestelde minimum buistemperatuur (De Graaf, 1995).

Dat het moeilijk is om tot een goede vochtbeheersing te komen in perioden met hoge buitentemperatuur en hoge luchtvochtigheid is al lang bekend (Boonstra, 1983). In een kas is dan weinig energie nodig om de temperatuur te handhaven. De vochtigheid loopt hoog op. Geadviseerd wordt om met een minimumbuis het gewas droog te stoken. Verwarmen zonder te ventileren kan het gevaar van 'natslaan' vergroten, daarom is bij droogstoken altijd sprake van ventileren en stoken (Bakker en Van Holstein, 1993). 'Natslaan' is een omstandigheid waarbij de temperatuur van het gewas, of gewasdeel, bijvoorbeeld een blad of een knop, lager is dan het dauwpunt van de lucht. Het teveel aan vocht in de lucht in de directe omgeving zal dan op deze delen van het gewas condenseren. Als alleen gestookt zou worden neemt de verdamping toe en daarmee het vochtgehalte van de lucht. Het dauwpunt van de lucht wordt daardoor hoger en eerder bereikt. Plantendelen die niet snel opwarmen zullen daardoor mogelijk in temperatuur onder het dauwpunt komen en 'natslaan'. Door bij droogstoken het verwarmen te combineren met ventileren wordt het extra vocht via ventilatie afgevoerd. De instelling van de minimumventilatie is belangrijk voor de juiste vochtafvoer (Jasperse en Coolen, 1996). De verhouding tussen vochtafvoer door ventilatie en condensatie is afhankelijk van veel factoren, maar vooral van het verschil in temperatuur tussen kas en buiten en van het vochtgehalte in de kas (Bakker, 1993b).

De instelling van een permanente minimum buistemperatuur en minimum raamstand, om verdamping te stimuleren en vocht af te voeren op basis van de fysische processen die optreden, behoeft echter niet optimaal afgestemd te zijn op plantkundige processen. Een goede afstemming op plantprocessen kan mogelijk leiden tot een beter gebruik van deze instellingen. Voor energiebesparende kasklimaatregelingen moet daarbij bedacht worden dat extra energie die gestopt wordt in de verdamping, verloren gaat bij ventilatie of condensatie (§2). Het vocht van de extra transpiratie moet door ventileren weer worden afgevoerd. Een constante lage minimumbuis (30°C) kost meer energie dan kortdurend een hoge minimumbuis (60°C) (Jasperse en Coolen, 1996). Een variant is een lichtafhankelijke minimumbuis (Corsten, 1994). Als er voldoende straling is wordt de minimumbuis-regeling uitgeschakeld. Een minimumbuis wordt in meer dan 80% van de kassen toegepast. In kassen die gebouwd zijn na 1990 zelfs in 90% van de gevallen (Bakker et al., 1999).

De instelling van een permanente minimum buistemperatuur beperkt in simulatiestudies sterk de mogelijkheid van energiebesparing door temperatuurintegratie (Bakker en De Zwart, 1999). De instelling van een droogstookbuis in de ochtend heeft dit nadeel niet, terwijl de luchtvochtigheid in de simulatiestudies beheersbaar blijft. In een experiment met meerdaagse temperatuurintegratie leidde een minimumbuis-instelling niet tot een hoger energieverbruik dan een behandeling zonder minimumbuis-instelling (Buwalda et

al. 1999). Een groot deel van de extra warmtetoevoer zou nuttig gebruikt worden in de meerdaagse temperatuur integratie. Dit zou komen door loskoppeling van de minimum buistemperatuur van de minimum raamstand, die in de huidige vochtregelingen wel gekoppeld zijn. In de simulatiestudie van Bakker en De Zwart waren bijkomende factoren, zoals warmteoverschot bij assimilatiebelichting en langdurig schermen, redenen voor het beperkte energiebesparende effect van temperatuurintegratie met instelling van een minimumbuis.

Als in een kasklimaatregeling gewerkt wordt met een regeling van de verdamping kan rekening worden gehouden met de verdampingssnelheid en de totale verdamping (De Koning, 1995). De regeling van de luchtvochtigheid vertoont daarbij parallellen met de regeling van de temperatuur. Zolang geen schadedrempels worden overschreden kan een tekort aan verdamping op een ander moment mogelijk worden gecompenseerd. Aangenomen wordt dat voor verdamping van een plant er maximale en minimale waarden zijn die niet moeten worden overschreden. Verdamping is voor een plant van belang als mogelijkheid om de bladtemperatuur te verlagen. Verdamping heeft een afkoelend effect. In de zomer kan de straling zo groot zijn, dat de verdamping tekort schiet. De bladtemperatuur loopt op met als gevolg bladverbranding. Bij een te lage verdamping kan de opname van voedingstoffen worden beperkt. Voor de schade zijn de mate en duur van de overschrijding belangrijk.

Wanneer de worteldruk groot is en de verdamping gering kan dit leiden tot beschadiging van jong plantenweefsel of breekstelen, zoals bij Freesia (Van den Berg, 1983). In de literatuur wordt weinig geschreven over de grootte van de minimale verdamping die nodig is of de maximale verdamping die een plant zonder problemen kan hebben. Voor de glasgroenten is op het PBG-Naaldwijk een project uitgevoerd om de minimale transpiratie vast te stellen (Esmeyer, 1998). Hierin werden de genzen van een minimale transpiratie niet bereikt, terwijl wel perioden met hoge luchtvochtigheid in de kas werden gerealiseerd.

Een bijzonder aandachtspunt in de vochtbalans van kas en gewas is de verdamping uit de grond of het substraat. Deze verdamping is afhankelijk van warmtestraling en vochtgehalte van de kas. In een jong gewas met weinig bedekking kan het aandeel verdamping van grond en substraat heel groot zijn (Otten, 1993). Als een vochtbalansmodel voor een kas hiermee onvoldoende rekening houdt kan dit verkeerd uitkomen. Hierdoor zal de verdamping van de plant lager zijn dan de berekende waarden op basis van ventilatie- en condensatiemodellen, zoals De Koning (1995) noemt. De Graaf (1993) geeft een model voor de plantverdamping, met de verschillende factoren die de verdamping beïnvloeden. Hij beperkt zich tot de verdamping, daarom wordt de invloed van verdamping vanuit de grond op het vochtgehalte van de kaslucht niet als factor genoemd. De verdamping uit de grond kan het vochtgehalte van de kaslucht doen stijgen en een duidelijke bijdrage hebben in de vochtaanvoer in de kaslucht.

2.3 LUCHTVOCHTIGHEID JAARROND

De luchtvochtigheid is niet het gehele jaar constant. In de loop van een jaar volgen in het buitenklimaat veranderingen in straling, temperatuur en vochtigheid elkaar, met enig faseverschil, op. Hierdoor zijn behalve winter- en zomerklimaat ook het voorjaars- en herfstklimaat wezenlijk verschillend (Van Holsteijn, 1994b).

In de zomer is door hoge temperaturen het vochtdeficit snel groot. In proeven en in de praktijk wordt daarom veel gebruik gemaakt van luchtbevochtiging. Hierdoor wordt het vochtgehalte verhoogd, de temperatuur verlaagd en daardoor de verdamping geremd. De plant heeft daardoor minder kans op vochttekort. In de zomer kan luchtbevochtiging door verneveling de kastemperatuur 3 tot 4°C verlagen. De relatieve luchtvochtigheid stijgt in de zomer van 50% zonder verneveling naar 65 tot 75% bij verneveling (Bulle en Mulderij, 1993).

Een andere maatregel in de zomer is 'Vochtsparen'. Dit is een kasklimaat instellen in de zomer waarbij bewust de ventilatie wordt verminderd. Dit heeft waarschijnlijk weinig effect op de verdamping, maar een positief effect op de groei door een betere benutting van gedoseerde CO₂ (Esmeyer en Van Telgen, 1993). Bij chrysant heet dit een turboklimaat (Corsten, 1995). De kans op een langdurig te hoge luchtvochtigheid in de zomer is gering, al kan in de nacht de luchtvochtigheid hoog oplopen.

In de herfst daalt eerst de straling gevolgd door de temperatuur, terwijl het vochtgehalte hoog is. Dit geeft een hoog vochtgehalte in de kas met vergrote kans op 'natslaan' in de ochtenduren. Traagheid in temperatuurverandering van het gewas en uitstraling naar koude delen kan dan leiden tot 'natslaan' van een gewas (Van Holsteijn, 1985a). Dit gevaar is het grootste in de morgenuren, vooral als de temperatuurverdeling in een kas ongelijkmatig is. De temperatuurverschillen vergroten de kans dat er plaatsen zijn waar de temperatuur van het gewas onder het dauwpunt van de lucht komt. Verschillen in vochtgehalte in een kas zijn gering. Verschillen in relatieve luchtvochtigheid in een kas zijn het gevolg van verschillen in temperatuur (Van Holsteijn, 1985a ; Van Holsteijn, 1994).

De luchtvochtigheid in een gewas wordt beïnvloed door de dichtheid van het gewas. Een hoge plantdichtheid leidt tot een hogere relatieve luchtvochtigheid rond de plant (Hendriks, 1997). Vogelesang en Van Weel (1989) tonen aan dat teeltsystemen en gewasdichtheid de luchtvochtigheid in een gewas sterk kunnen beïnvloeden. Het microklimaat – tussen en in de directe omgeving van de planten - kan afwijken van het kasklimaat zoals gemeten boven het gewas.

Bij een chrysantengewas leidt verwarming door middel van een laaggelegen net tot een betere verticale temperatuurverdeling en tot verlaging van de relatieve luchtvochtigheid in het gewas. Het vochtgehalte was wel hoger in een systeem met laaggelegen verwarming, dan wanneer primair met een hooggelegen verwarming wordt gewerkt (Bloemhard en Kempkes, 1998). Door gebruik te maken van een laag gelegen verwarmingsnet bleven ondanks het hogere vochtgehalte de onderin zittende bladeren en stelen warm genoeg om geen kans op 'natslaan' te hebben. Dit was vooral te danken aan de betere temperatuurverdeling in de kas. Daarentegen adviseert De Veld (1998) juist om in het bovennet een minimumbuis te handhaven om meer vocht af te voeren. De gedachte daarbij is dat de warme lucht bovenin de kas meer uitwisseling met buitenlucht tot gevolg zal hebben en daardoor meer vocht afvoert. Dit advies houdt onvoldoende rekening met processen in en om de plant en de effecten van een goede temperatuurverdeling in een kas (Van Holsteijn, 1993). Nog ingewikkelder wordt het als voor de keuze boven- of ondernet rekening gehouden moet worden met de cultivarkeuze en het moment van de dag (Bosma, 1995).

In de winter is de relatieve luchtvochtigheid in een kas op koude dagen laag, omdat de buitenlucht weinig vocht bevat. In de maanden december tot februari is er daarom een relatie tussen buistemperatuur en luchtvochtigheid in een kas (Van Holsteijn, 1994).

In het voorjaar kunnen problemen ontstaan met de verdamping als grote overgangen optreden in vochtgehalte van de lucht (Van Holsteijn, 1995). De kans op 'natslaan' is aanwezig maar kleiner dan in de herfst. Het vochtgehalte van de buitenlucht is gemiddeld lager. De kans op 'natslaan' is vooral aanwezig op momenten van sterke uitstraling in de morgenuren, waardoor de gewastemperatuur daalt.

De kans op 'natslaan' van een gewas is ook aanwezig als een energiescherm wordt geopend. De uitstraling naar een nog koud dek kan dan groot zijn waardoor plantendelen sterk afkoelen. In combinatie met een gedaalde kasluchttemperatuur bestaat kans op condensatie. Als voor het openen van een scherm een gewas goed is opgewarmd is dit gevaar niet aanwezig (Van Weerdenburg, 1997).

Een ander moment met kans op 'natslaan' is aan het eind van de dag. Bij te vroeg sluiten van ramen in de middag neemt de vochtigheid van de lucht toe, als het kasdek afkoelt kan een blad sterk warmte uitstralen en kouder worden dan de lucht. Hierdoor ontstaat condensatie op het blad (Reerds, 1983).

De verschillen in luchtvochtigheid, straling en temperatuur door het jaar heen stellen andere eisen aan de regeling van de luchtvochtigheid in de loop van het jaar (Van Holsteijn, 1993).

2.4 LUCHTVOCHTIGHEID EN ZIEKTEN

Voor ziekten wordt in de sierteelt vooral bij schimmels een verband gelegd met luchtvochtigheid. De kans op schimmelinfecties is bij een hogere luchtvochtigheid groter (Bakker en Van Holsteijn, 1993). Bij insecten heeft luchtvochtigheid effect op biologische bestrijders en waarschijnlijk ook op de schadelijke insecten zelf. Opmerkelijk daarbij is dat voor ziekten vrijwel altijd de relatieve luchtvochtigheid als grootheid voor de effecten van vocht op de ontwikkeling van de ziekten wordt genoemd, terwijl voor plantreacties als grootheid vochtgehalte of vochtdeficit wordt gebruikt, omdat de relatieve luchtvochtigheid sterk samenhangt met de temperatuur.

Het meest genoemd wordt Botrytis. Hiervan zijn veel gegevens bekend. In perioden met relatief hoge buitentemperaturen, donker weer en hoge luchtvochtigheid treedt veel Botrytis op (Van Holsteijn, 1985a). Een hoge relatieve luchtvochtigheid tijdens teelt of transport verhoogt de kans op Botrytis. Bekende voorbeelden zijn chrysant, roos, Saintpaulia, Gerbera, Begonia en poinsettia (Bulle en Mulderij, 1993), Cyclamen, Fuchsia (Boonstra, 1983). Bij Primula is Botrytis een van de belangrijkste problemen (Grootscholten, 1994). In het najaar zijn bij chrysant problemen met Botrytis te verwachten (Corsten, 1994). Hoge luchtvochtigheid leidde bij Begonia en Pelargonium tot meer Botrytis (Papenhagen, 1986).

Voor vorming van sporen van Botrytis is een relatieve luchtvochtigheid nodig van meer dan 93% (Kerssies, 1993). Voor kieming en infectie moet de relatieve vochtigheid boven 95% zijn (Kerssies, 1993; Williamson et al, 1995). Bij Gerbera ontwikkelen zich symptomen na vijf uur bij 100% relatieve luchtvochtigheid bij kamertemperatuur (Salinas et al., 1989).

Kerssies (1994) vond naast het effect van luchtvochtigheid een effect van licht op de aantasting door *Botrytis* bij Gerbera en roos. Een hogere instraling verminderde de aantasting. Zijn verklaring is een mogelijk direct remmend effect van de straling op de overleving van de *Botrytis*sporen.

In de bovengenoemde situaties is steeds sprake van *Botrytis cinerea*. Bij enkele gewassen komen andere *Botrytis*soorten voor, zoals bij Freesia - *Botrytis gladiolorum* (Maas, 1992) en tulp - *Botrytis tulipae*.

Naast *Botrytis* worden de volgende problemen door hoge luchtvochtigheid genoemd. Roest bij Pelargonium (Boonstra, 1983) en chrysant (Corsten, 1994; De Veld, 1998). Bacterieziekte in Dieffenbacchia (Boonstra, 1983; Papenhagen, 1986), Begonia en Cyclamen (Boonstra, 1983).

Zwartstelen in chrysant (Corsten, 1994).

Het zwart – *Peronospora parsa* - in roos (Alicaris, 1988).

Bladaaltjes in Begonia, Saintpaulia en varens (Boonstra, 1983). Bladaaltjes zullen via het vochtig blad en vallende druppels een kans op verspreiding hebben (Reerds1983).

2.5 LUCHTVOCHTIGHEID EN NAOOGSTKWALITEIT

Tot ongeveer 1984 was volgens Conover en Poole (1984) weinig bekend over de mogelijkheden om de houdbaarheid van potplanten te verbeteren door gericht aandacht te hebben voor de relatieve luchtvochtigheid. Alle onderzoek naar acclimatisering was gericht op licht en temperatuur. In een recent overzichtsartikel over waterbalans van snijbloemen na de oogst wordt geen aandacht besteed aan de mogelijke rol van de luchtvochtigheid tijdens de teelt op het gedrag na de oogst (Van Doorn,1997).

Vonk Noordegraaf heeft weinig vermeld over de effecten van luchtvochtigheid op de productkwaliteit (Vonk Noordegraaf en Welles, 1995; Vonk Noordegraaf, 1995).

Eventuele negatieve effecten kunnen het gevolg zijn van gebrekkig calciumtransport bij onvoldoende verdamping (§2.6). Halevy en Mayak (1979) noemen luchtvochtigheid tijdens de teelt niet als factor die de houdbaarheid van snijbloemen zou kunnen beïnvloeden. De algemene stelling dat de houdbaarheid van producten geteeld bij een continu hoge luchtvochtigheid korter is (Bakker en Van Holsteijn, 1993) wordt onvoldoende onderbouwd.

Recent zijn er duidelijk aanwijzingen dat continue hogere luchtvochtigheid wel tot problemen in de houdbaarheid kan leiden. Mortensen en Fjeld (1995) beschrijven negatieve effecten van constante hoge relatieve luchtvochtigheid op de houdbaarheid van roos. Rozen die zijn geteeld bij een relatieve luchtvochtigheid van 90% en een temperatuur van 19°C vertonen meer bent neck en meer bladverdroging dan rozen die zijn geteeld bij een lagere relatieve luchtvochtigheid. Mortensen en Gislerød (1997) bevestigen dit en voegen daaraan toe dat een verhoging van de luchtbeweging bij lage relatieve luchtvochtigheid gunstig is voor de houdbaarheid. Mortensen en Fjeld (1997) beschrijven de combinatie van belichtingsduur en relatieve luchtvochtigheid op de houdbaarheid bij rozen. Bij 18°C en 65% relatieve luchtvochtigheid heeft een langere belichtingsduur een negatief effect op de houdbaarheid. Bij 18°C en 90% relatieve luchtvochtigheid is er geen effect meer van de belichtingsduur. Alle rozen zijn kort houdbaar. Dit kan verklaren waarom Slootweg en Van Meeteren (1991) wel een effect vinden van belichtingsduur, zij teelden niet bij de zeer hoge relatieve luchtvochtigheid. Als de luchtvochtigheid laag genoeg is en voldoende luchtbeweging tussen het gewas

optreedt heeft de belichtingsduur een effect. Bij de experimenten van Mortensen en Fjeld dient wel te worden opgemerkt dat zij met extremere condities in de uitbloeiruimte werkten. In naoogst onderzoek wordt in Nederland als standaardcondities gebruikt 20°C en 60% relatieve luchtvochtigheid. In het Noorse onderzoek worden andere niveaus gebruikt; bijvoorbeeld 45 +/- 5% relatieve luchtvochtigheid bij een temperatuur van 20,5°C (Fjeld et al., 1994).

De schadelijke effecten van suiker op de bladkwaliteit van rozen in de winter in de experimenten van Markhart en Harper (1995) zijn waarschijnlijk het gevolg van de hoge relatieve luchtvochtigheid in de teelt (90-97%). Suikertoediening kan het effect versterken, omdat door de hogere verdamping de tak extra suiker opneemt.

In een inventariserende studie naar problemen met te hoge verdamping tijdens de uitbloei van rozen in het najaar nam de verdamping van rozen in de periode van augustus tot december toe. De huidmondjes bleken steeds minder goed te sluiten (Slootweg, 1999). De houdbaarheid van de rozen nam daardoor af.

Andere gevolgen van hogere luchtvochtigheid tijdens de teelt zijn beschreven voor diverse potplanten. Een hogere luchtvochtigheid in de zomer leidt tot een betere kleur bij *Cordyline* en *Guzmania* (Bulle en Mulderij, 1993). Bij *Guzmania* en *Dieffenbachia* komt minder bladverbranding voor. Bij een hoge luchtvochtigheid en grote wateropname kan glazigheid ontstaan bij gewassen zoals *Anthurium*, *Draceana*, *Sansevieria*, *Schefflera*, *Ficus*, *Calathea*, *Asplenium* en *hortensia*. Het gevolg kan zijn dat cellen afsterven en bruine vlekken ontstaan (Bulle en Mulderij, 1993, Boonstra, 1983, Van Buren, 1994). Een hoge bodemtemperatuur en weinig verdamping verergeren dit probleem (§2.8). Bij hogere luchtvochtigheid vormt *Anthurium scherzerianum* grijs-groene vlekken. Bij *Senecia herreanus* en *Rhoicissus rhombifolia* sterven groeipunten af (Boonstra, 1983). In het voorjaar had een lage relatieve luchtvochtigheid gecombineerd met een hoge EC een negatief effect op de bladkwaliteit bij *Calathea*, *Dieffenbachia* en *Monstera* (Mulderij, 1994).

Een lagere luchtvochtigheid in de laatste fase van de teelt leidt bij *Begonia* tot een betere houdbaarheid. Bij 18°C en 90% relatieve luchtvochtigheid vormden zich minder knoppen en vielen meer knoppen af dan bij 50% relatieve luchtvochtigheid. Bij *iris* worden bloemen onder een hoge relatieve luchtvochtigheid geteeld bleker (Schipper et al, 1988). Dit is waarschijnlijk het gevolg van gebrek aan calcium (Vogelezang, 1993). De houdbaarheid van *Ficus benjamina* 'Starlight' wordt minder door verneveling (Bulle et al., 1992, Bulle en Mulderij, 1993), al vonden zij in latere experimenten tegengestelde resultaten (Mulderij en Bulle, 1994). Tegengestelde resultaten voor het effect van verneveling op de houdbaarheid vonden zij ook bij *Dieffenbachia*, en *Nephrolepis*, terwijl de groei door luchtbevochtiging werd bevorderd (Mulderij, 1995a). Een verklaring voor de wisselende uitkomsten hebben zij niet.

Een hoge luchtvochtigheid kan leiden tot een slechte wortelontwikkeling (Boonstra, 1983). Bij overgang van teelt bij een hogere luchtvochtigheid naar droge huiskameromstandigheden kan dit resulteren in watertekort (Leider, 1976).

Bij rozen komen zwarte randen voor in het ras *Ilona*. Dit zou het gevolg zijn van een acuut vochttekort direct na het oogsten (Van de Ende en Van de Knaap, 1983). Deze verklaring voor het ontstaan van zwarte randen is een onbewezen redenering.

Bij *Freesia* zijn grote verschillen in houdbaarheid bekend tussen bloemen geoogst in het voorjaar en in het najaar. Welke factoren hiervoor een verklaring vormen is onbekend.

Een relatie met luchtvochtigheid, die in voorjaar en najaar sterk kan verschillen, is nooit onderzocht.

2.6 LUCHTVOCHTIGHEID EN OPNAME VAN VOEDINGSSTOFFEN

In tuinderstaal wordt geadviseerd dat telers planten moeten activeren door de luchtvochtigheid laag te houden (Boonstra, 1983). Dit bevordert de verdamping. De mogelijkheid tot het opnemen van nutriënten wordt vergroot. Omdat de luchtvochtigheid de opname van voedingsstoffen beïnvloedt kunnen veranderingen in de voedingstoestand van de grond op treden. Als hierdoor gebrek ontstaat kan dit de uitkomsten van experimenten met verschillende luchtvochtigheid beïnvloeden (Mortensen en Gislerød, 1990). Uitspraken over het effect van luchtvochtigheid zijn dan beïnvloed door de beschikbaarheid van nutriënten. Voor de invloed van de verdamping op de opname van voedingsstoffen zijn in de tuinbouw echter weinig bewijzen.

Gislerød en Mortensen (1990) bestudeerden de opname van N, P, K, Ca en Mg door Begonia bij twee niveaus van luchtvochtigheid en drie niveaus van EC te telen. Een hogere luchtvochtigheid leidde tot een hoger drogestof-gewicht, maar lagere concentraties voor deze elementen. De invloed van de EC werd wel waargenomen bij de hoge relatieve luchtvochtigheid (90%), maar niet bij de lage (60%). De verdeling van de elementen in de plant is door hen slechts beperkt onderzocht, door onderscheid te maken tussen bladeren en stengel. Mogelijke problemen door plaatselijk Ca-gebrek zijn door hen niet beschreven.

Gislerød et al (1987) vinden een grotere totale opname van voedingsstoffen bij een hogere relatieve luchtvochtigheid. Deze is volledig toe te schrijven aan de sterkere groei.

Het meest beschreven probleem is de opname en transport van calcium.

Calciumtransport is deels gevolg van transpiratie, vooral naar de bladeren, en deels van worteldruk, vooral naar de groeipunten (Klapwijk, 1990a; 1990b). Aan calciumtekort gerelateerde afwijkingen zijn mogelijk het gevolg van geringe verdamping en onvoldoende worteldruk (Grange en Hand, 1987). Gebrek aan calcium leidt tot slecht functionerende membranen (Vogelezang, 1993) en andere afwijkingen (§2.8). Bij Kalanchoe komen witte bloemetjes voor, mogelijk als gevolg van calciumgebrek (Verberkt et al., 1992). Calciumproblemen, zoals bij Eustoma (Nijentap, 1995) moeten worden voorkomen door voldoende verdamping of worteldruk.

Baas (1998) vond in proeven met roos geen effect van hoge of lage luchtvochtigheid op de kwaliteit. Het calciumgehalte in knoppen en blad was bij een hoge luchtvochtigheid wel lager. De luchtvochtigheid was gemiddeld in zijn experimenten laag. Bij de hoogste r.v. 70% en bij de laagste 59%. Hierdoor was de transpiratie voldoende om calcium op te nemen. Gebrek aan calcium leidde wel tot een grotere gevoeligheid voor Botrytis (Baas en Van den Berg, 1998).

2.7 LUCHTVOCHTIGHEID EN GROEI

Planten groeien beter bij een hoge luchtvochtigheid (Mulderij, 1995a). De vorming van zijscheuten verloopt sneller. Een meer vertakte plant lijkt daarbij voller. Er worden grotere en dunnere bladeren gevormd (Bakker en Van Holsteijn, 1993). Dit is ondermeer

gevonden bij Saintpaulia, poinsettia en Begonia. Voor roos was de productie in stuks bij een hoge relatieve luchtvochtigheid ook hoger, meer uitgelopen zijknoppen, maar de takken waren lichter (Baas, 1998). Bij kamerplanten heeft verhoging van de luchtvochtigheid vaak een positieve invloed op de groei (Bulle en Mulderij, 1993). In de zomer werd een positief effect waargenomen bij Cordyline, Dieffenbachia, Guzmania en Nephrolepis. Hetzelfde geldt voor Calathea, Codiaeum en Marantha (Mulderij, 1997). De effecten van vernevelen vertonen interactie met de EC. Een hoge EC zonder vernevelen leidt tot groeiremming, met verneveling is sprake van een goede groei. Bij Saintpaulia en Begonia treedt bij hogere luchtvochtigheid eerder bloei op. Continu hoge luchtvochtigheid in combinatie met een temperatuur van 25°C werkt bij Saintpaulia negatief. De bloemen worden meer aangetast door Botrytis (Amberger-Ochsenbauer, 1990).

Volgens Gislerød en Mortensen (1990) wordt de bloei van Begonia niet vertraagd door een relatieve luchtvochtigheid van 90%. Bij Lorraine-begonia's heeft een hogere relatieve luchtvochtigheid tot gevolg dat de planten langer worden en meer bloemen vormen (Fjeld, 1986).

Bij chrysant geeft een hoge luchtvochtigheid in het begin van de teelt een snellere groei, het aantal zij scheuten en bladeren aan de zij scheuten en het totale bladoppervlak werd hoger. Hierdoor worden meer bloemknoppen aangelegd en neemt de plantlengte toe (Esmeyer en Van Telgen, 1993; Gislerød en Nelson, 1989). Een continu hoge luchtvochtigheid leidt echter tot een langere reactietijd (Hand et al., 1996). Gislerød en Nelson (1989) vinden een positief effect van de combinatie hogere relatieve luchtvochtigheid en CO₂-dosering.

Verhogen van de luchtvochtigheid in de zomer is vooral gericht op het voorkomen van stress bij planten als gevolg van watertekort. De verdamping is te hoog in vergelijking tot de wateropname (Van Dijk en De Koning, 1998). Bij een lage luchtvochtigheid treedt groeiremming op. Bij bladplanten vonden Mortensen en Gislerød (1990) vrijwel geen effect van een hogere relatieve luchtvochtigheid. Een mogelijk verklaring van hen hiervoor is dat de relatieve luchtvochtigheid in de controlebehandeling (64%) te hoog was om remmende effecten op de groei als gevolg van lage luchtvochtigheid te krijgen.

Verhoging van de relatieve luchtvochtigheid heeft een positief effect op het drooggewicht van Begonia X hiemalis, Saintpaulia ionantha, Euphorbia pulcherrima, Chrysanthemum x morifolium en Nephrolepis exaltata, terwijl geen effect werd gevonden bij Rosa, en Campanula isophylla. De scheutlengte nam toe, evenals aantal bladeren en bloemen, terwijl voor enkele gewassen de reactietijd korter werd (Mortensen, 1986).

2.8 LUCHTVOCHTIGHEID EN AFWIJKINGEN

Het aantal afwijkingen als gevolg van hoge luchtvochtigheid is beperkt. De belangrijkste is het optreden van glazigheid. Dit wordt waargenomen als de intercellulaire ruimten gevuld raken met water. Glazigheid kan bij diverse gewassen tot problemen leiden. (Grange en Hand, 1987). Glazigheid kan optreden bij Asplenium (Van den Hoek, 1992), Impatiens New Guinea, Ficus, Dracena, Cordyline, Schefflera, Calathea, (Vogelezang, 1993). Glazigheid ontstaat bij een te hoge worteldruk, onder andere bij Dieffenbachia (Klapwijk, 1990b).

Bij *Aechmea* wordt bladnecrose gevonden. De bladeren worden eerst glazig en sterven af (Bulle en Mulderij, 1995). In experimenten met de cultivar 'Morgana' konden Bulle en Mulderij (1995) en Poole en Conover (1993) de schade niet opwekken. Poole en Conover konden dit wel met de cultivar 'Friederike'. Bij een hoge relatieve luchtvochtigheid trad schade op. Steinbuch et al. (1985) vermelden eveneens schade bij een hoge relatieve luchtvochtigheid, maar noemen geen cultivar. Het is mogelijk dat een hoge worteldruk in combinatie met beperkte verdamping kan leiden tot glazigheid, gevolgd door bladafsterving.

De gevolgen van een hoge worteldruk uiteten zich ook in andere symptomen. In het najaar, maar ook in het voorjaar, kunnen bij rozen vochtblaadjes ontstaan. Perioden met hoge luchtvochtigheid blijken dit verschijnsel te verergeren (Van de Ende en Van de Knaap, 1983, Vogelesang, 1993). Een hoge worteldruk perst de groeipunten vol, waardoor de cellen barsten. Bij het uitgroeien worden kleine blaadjes gevormd. Een te hoge worteldruk in combinatie met lage verdamping wordt ook als verklaring gegeven voor het optreden van 'maantjes' in *Yucca*, na overgang van zonnig droog weer, naar bewolkt weer met hoge relatieve luchtvochtigheid (Mulderij, 1997). Bij *Freesia* treden in het voorjaar bij dergelijke overgangen afgroeieters op (Pronk, 1995; Van den Berg, 1983). Bij *Eustoma* kunnen breekstelen optreden (Nijentap, 1995). Bij hoge luchtvochtigheid ontstaan bij *Cymbidium* in het najaar vochtvlekken en breekstelen (Van der Werken, 1994).

Bij *Dieffenbachia* treden meer misvormingen van de bladrand op bij hogere luchtvochtigheid (Mulderij, 1995b). *Thunbergia alata* en *Peperomia* kunnen onder invloed van hoge luchtvochtigheid aan de onderzijde van de bladeren uitstulpingen vormen. (Boonstra, 1983).

Bij het in bloei trekken van *Hortensia* kunnen door continu hoge relatieve luchtvochtigheid (> 95%) bladbeschadigingen en bloemafwijkingen ontstaan. Ook overgangen van hoge relatieve luchtvochtigheid naar lage relatieve luchtvochtigheid geven schade (Verberkt, 1997). Als verklaring wordt genoemd de combinatie van lage verdamping met hoge worteldruk.

Sterke wisselingen in relatieve luchtvochtigheid in het voorjaar kunnen bij anjers bladpunten tot gevolg hebben (Van Dijk, 1995). Bij *Alstroemeria* treden verbrande bladpunten op (Van der Voorden, 1995). Bij roos wordt bladverbranding genoemd (Lekkerkerk, 1995). Een algemene stelling is dat sterke wisselingen in vochtgehalte van de lucht voor een gewas moeilijk zijn op te vangen (Goeijenbier, 1986).

2.9 CONCLUSIES

Voor de kwaliteit van siergewassen zijn de volgende negatieve effecten van een hoge luchtvochtigheid beschreven.

- aantasting door *Botrytis* en andere ziekten
- optreden van glazigheid en bladnecrose
- breekstelen
- calciumgebrek
- verkorting van vaasleven

De processen die bij deze negatieve effecten een rol spelen zijn verschillend.

Aantasting door Botrytis is het gevolg van hoge relatieve luchtvochtigheid in de directe omgeving van de spore. Hierbij spelen het niveau van de luchtvochtigheid en de kans op condensatie op het gewas een rol. Gebrek aan calcium vergroot de gevoeligheid.

Optreden van glazigheid en bladnecrose is het gevolg van een hoge worteldruk in combinatie met een sterke afname in de verdamping. De worteldruk is een osmotisch proces, dat indirect wordt beïnvloed door fotosynthese en daglengte. Een grotere fotosynthese verhoogt de worteldruk.

Bij breekstelen is deze combinatie eveneens van belang.

Calciumgebrek is het gevolg van langdurige lage verdamping in combinatie met een hoge groeisnelheid. Een hoge worteldruk kan dit enigszins compenseren, maar kan ook leiden tot overmaat aan calcium.

De verkorting van het vaasleven is het gevolg van een onregelmatig gedrag van de huidmondjes bij hoge luchtvochtigheid. Hiervan is niet aangetoond of het effect van luchtvochtigheid gekoppeld is aan het gebruik van assimilatiebelichting gedurende 18 of meer uren per etmaal.

Naast de beschreven schade door hoge luchtvochtigheid is het aannemelijk dat bij andere gewassen negatieve effecten van luchtvochtigheid zijn opgetreden, maar dat deze niet zijn onderkend. Bijvoorbeeld bij de houdbaarheid van Freesia en Begonia.

Duidelijke grenswaarden voor de luchtvochtigheid zijn beschreven voor Botrytis-aantasting. Het gewas mag niet door condensatie nat worden en de relatieve luchtvochtigheid moet bij roos beneden 93% blijven.

In alle andere gevallen zijn geen harde grenzen voor luchtvochtigheid beschreven.

3. PROBLEEMFORMULERING

Temperatuurintegratie levert een bijdrage aan energiebesparing voor de glastuinbouw. Voor het optimaal inzetten van temperatuurintegratie is kennis nodig over het effect hiervan op de luchtvochtigheid en de invloed van deze factor op de productkwaliteit. Is het verloop van de luchtvochtigheid vergelijkbaar als bij gebruik van een conventionele regeling? Is een vochtregeling zoals in de huidige regelingen nodig? In kasklimaatregelingen wordt de luchtvochtigheid beheerst door toepassing van een minimum-buistemperatuur, veelal in combinatie met een minimum raamstand voor ventilatie.

De minimumbuis wordt ingesteld om

- de verdamping te bevorderen
- de luchtcirculatie te vergroten en zo vocht af te voeren
- natslaan van het gewas te voorkomen
- warmte, ontstaan bij CO₂-dosering of assimilatiebelichting af te voeren.

Van een regeling van de luchtvochtigheid middels een permanente minimumbuis wordt verwacht dat deze de energiebesparende effecten van meerdaagse temperatuurintegratie sterk beperkt.

Bij een lage luchtvochtigheid worden vernevelingsinstallaties toegepast. Dit wordt vooral in de zomer gedaan.

In hoofdstuk 2 is een verkenning gedaan naar de mogelijke schadelijke effecten van luchtvochtigheid op de kwaliteit van het product. Deze zijn gevonden bij

- gevoeligheid voor Botrytis en andere ziekten; daarbij heeft de luchtvochtigheid een direct effect op de infectiedruk;
- gedrag van huidmondjes bij hoge luchtvochtigheid, mogelijk in combinatie met assimilatiebelichting;
- plotselinge overgangen in verdamping;
- langdurige geringe verdamping.

Alle vier problemen stellen eigen eisen aan de regeling van de luchtvochtigheid, omdat de processen die de mogelijke problemen veroorzaken, verschillen.

Om problemen te voorkomen is nodig om te weten of het verloop van de luchtvochtigheid bij meerdaagse temperatuurintegratie afwijkt van het verloop bij een conventionele regeling. Neemt het vochtdeficit op koude dagen toe, omdat de plant minder verdampt of juist af omdat de kas dicht blijft. Op koude dagen is er minder verdamping omdat de temperatuur lager wordt gehouden. Maar mogelijk is de condensatie zo gering dat het vochtdeficit afneemt. De condensatie tegen het kasdek is daarbij groot door het grote verschil tussen binnen- en buitentemperatuur. Bij experimenten moet hierbij bedacht worden dat de praktijk goed wordt benaderd. Afdelingen van het proefstation hebben in het algemeen een groot oppervlak aan condensatievlakken in verhouding tot de gewasomvang. Bij praktijkbedrijven zal de luchtvochtigheid meer oplopen.

In de eerste plaats zal het daarom nodig zijn om te weten hoe de luchtvochtigheid verloopt bij toepassing van meerdaagse temperatuurintegratie afhankelijk van kasconstructie en gewasontwikkeling. Wordt de kans dat grenswaarden voor de

luchtvochtigheid worden overschreden groter of kleiner bij meerdaagse temperatuurintegratie?

Dit kan alleen worden vastgesteld als in experimenten een conventionele regeling als controlebehandeling wordt aangehouden.

3.1 BOTRYTISGEVOELIGHEID EN INFECTIEDRUK

Uit het onderzoek naar de epidemiologie van Botrytis cinerea door Kersties en andere onderzoekers is duidelijk dat condensatie op het gewas en perioden met een relatieve luchtvochtigheid boven 93% moeten worden voorkomen. De grootste kansen op dergelijke klimaatomstandigheden treden op in najaar en voorjaar. In zomer en winter is de kans kleiner.

Een vochtregeling bij meerdaagsetemperatuur integratie zal twee elementen moeten kennen.

- 1 : Een regeling waarin condensatie wordt voorkomen (dauwpuntregeling).
Deze regeling zal vooral het 'natslaan' van het gewas of gewasdelen in de morgen uren moeten kunnen opvangen.
- 2: Een regeling die zorgt dat de relatieve luchtvochtigheid op lange termijn onder 93% blijft.

Van beide regelingen is geen direct schadelijk effect op andere aspecten van de productkwaliteit te verwachten.

3.2 GEDRAG HUIDMONDJES

In het najaar zijn bij roos problemen met slecht functionerende huidmondjes waargenomen. Deze problemen zijn waarschijnlijk het gevolg van hoge luchtvochtigheid. Aangetoond zal moeten worden dat de werking van de huidmondjes wordt beïnvloed door een hoge relatieve luchtvochtigheid. Bij welk niveau van luchtvochtigheid en na hoeveel tijd treden de negatieve effecten op? Is hierbij interactie met de daglengte en de lichtintensiteit? Heeft een constante hoge relatieve luchtvochtigheid hetzelfde effect als een variërende luchtvochtigheid, die gemiddeld hetzelfde niveau heeft?

In plaats van relatieve luchtvochtigheid is het vochtdeficit een betere grootheid voor de effecten op het huidmondjes-gedrag.

Effecten van het vochtdeficit op de regulerende werking van de huidmondjes na de oogst zal voor roos moeten worden nagegaan met verschillende cultivars.

3.3 OVERGANGEN IN VERDAMPING

In de beschrijving van de problemen kwam glazigheid als gevolg van wisseling in verdamping in combinatie met worteldruk als een mogelijk probleem naar voren. Dit probleem treedt vooral in warmere perioden op en bij overgangen in weertypen. Meerdaagse temperatuurintegratie zal de klimaatinstellingen automatisch aanpassen aan het weer. Kan meerdaagse temperatuurintegratie problemen met weersovergangen opvangen of worden de problemen juist erger? De door Buwalda et al. (1999) uitgevoerde experimenten beperken zich tot de najaars/winterperiode, die gestart zijn op een beperkt aantal momenten. Effecten op de productkwaliteit door overgangen in

weertypen tijdens verschillende ontwikkelingsstadia en door verschillen in klimaat in de loop van het jaar zijn daardoor niet in beeld gebracht.

Uit het overzicht van negatieve effecten van luchtvochtigheid op productkwaliteit komen Dieffenbachia en Begonia naar voren als planten die geschikt zijn om effecten van wisselende luchtvochtigheid in beeld te brengen. Ook Ficus benjamina 'Starlight' zou hiervoor geschikt zijn, maar hierbij zijn de processen die bladverbruining en bladval beïnvloeden niet doorgrond.

3.4 LANGDURIGE LAGE VERDAMPING

De kans op langdurige lage verdamping is mijns inziens zeer gering. Bij temperatuur-integratie wordt dit geen probleem. Alleen in het najaar als de buitenomstandigheden zodanig zijn dat telers spreken van een 'dood klimaat' moet gezorgd worden dat er voldoende transpiratie mogelijk is. Dit moet in klimaatregelingen kunnen worden ingebouwd.

3.5 PROEFVOORSTELLEN

Op basis van de hierboven beschreven problemen worden twee typen experimenten voorgesteld.

- I : Onderzoek naar de regulerende werking van vochtdeficit op huidmondjes bij roos. Dit kan het beste in het najaar onder geconditioneerde omstandigheden in kleine kas-ruimten plaatsvinden.
- II: Onderzoek naar schadelijke effecten van verschillende mate van vochtregeling bij jaarrond-toepassing van meerdaagse temperatuurintegratie op de naoogst-kwaliteit van Dieffenbachia, Begonia en/of Ficus benjamina 'Starlight'.

Voor beide onderzoeken zijn projectindicaties gemaakt. De indicatie voor roos is uitgewerkt tot een voorstel dat is ingediend bij de NOVEM ter financiering.

LITERATUUR

Alicaris, E.A.M., 1988

Goed kasklimaat voorkomt zwart in roos. Vakblad voor de Bloemisterij 43(30):43

Amberger-Ochsenbauer, S.A., 1990

Luftfeuchtigkeit von Bedeutung bei Sainpaulia. Gb + Gw 90(29):1420-1422

Baas, R. en T.J.M. van den Berg, 1998

Wat doet calcium met de kwaliteit van roos? Vakblad voor de Bloemisterij 53(6):46-47

Baas, R., 1998

Wat doet calcium met de kwaliteit van rozen? Vakblad voor de Bloemisterij 53(5):44-45

Bakker, J.C. (ed.), 1993a

Luchtvochtigheid. Proefstation voor Tuinbouw onder Glas, Brochurenummer 104. 71 pp.

Bakker, J.C. en G.P.A. van Holsteijn, 1993.

Luchtvochtigheid van A tot Z. Vakblad voor de Bloemisterij 48(23):28-29

Bakker, J.C. en H.F. de Zwart, 1999

Minimumbuis ondermijnt temperatuurintegratie. Vakblad voor de Bloemisterij 54(1):34-35

Bakker, J.C., 1991

Analysis of humidity effects on growth and production of glasshouse fruit vegetables. Diss.

Agricultural University Wageningen. The Netherlands, 155 pp.

Bakker, J.C., 1993b

Soms kan condens 75% van het vocht afvoeren. Met ventileren en condenseren de vochtbalans. Vakblad voor de Bloemisterij 48(16):48-49

Bakker, J.C., J.C.J. Ammerlaan, H.D.M. Kool, J.J.G. Opdam, D. Snickers, W.F.S. Duffhues, E.P.G. Snoeks en B. Wegman, 1998.

Kas van de Toekomst. Rapport in opdracht van de Provincie Noord Holland. 22 pp.

Bakker, R., N.J.A. van der Velden en A.P. Verhaegh, 1999

Leeftijd bedrijven en energiebesparende opties in de glastuinbouw. LEI- Den Haag. Rapport 1.99.01

Blacqui re, Tj en L.H.M. Stapel-Cuijpers, 1997

Invloed van CO₂ op de productie en kwaliteit van potplanten en snijbloemen. Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroenten, Rapport 47, 49 pp

Bloemhart, C. en F. Kempkes, 1998

Met betere buisligging is bij chrysant nog veel te besparen. Vakblad voor de Bloemisterij 53(49):48-49.

Boonstra, H., 1983

Vochtprobleem centraal (3). Vochtproblemen bij potplanten. Vakblad voor de Bloemisterij 38(46):40-43

Bosma, A. 1995

Klimaatregeling bij chrysant. In het najaar staat stimuleren verdamping voorop. Vakblad voor de Bloemisterij 50(42):32-33

Bulle, A.A.E. en G.E. Mulderij, 1993.

Productie en houdbaarheid kamerplanten. Hoge luchtvochtigheid doet kwaliteit meestal geen goed. Vakblad voor de Bloemisterij 48(23):36-37.

Bulle, A.A.E. en G.E. Mulderij, 1995

Invloed teeltmaatregelen en -handelingen op bladnecrose Aechmea. PBG- Proefverslag 4107.7

Bulle, A.A.E., G.E. Mulderij en L. Jansen, 1992

Ficus benamina 'Starlight' na zomerteelt onderzocht. Nevel en licht-afharderen doen houdbaarheid geen goed. Vakblad voor de Bloemisterij 47(18):56-57

Buwalda, F., A.A. Rijdsdijk, G.J.L. van Leeuwen, A. Hattendorf en J.V.M. Vogelezang, 1999

Mogelijkheden voor energiebesparing door temperatuurintegratie bij siergewassen. Toetsen van een meerdaags integrerende temperatuurregeling onder realistische teeltomstandigheden. PBG rapport 176.

- Buwalda, F., 1996
Mogelijkheden voor energiebesparing door temperatuurintegratie bij siergewassen.
Literatuuroverzicht. PBG intern verslag 26
- Campen, J.B. en J.C. Bakker, 1999
Energie besparen met kasluchtontvochtiging. Vakblad voor de Bloemisterij 54(2):50
- Challa, H en J.C. Bakker, 1995
Crop Growth (15-16). in: J.C. Bakker, G.P.A. Bot, H. Challa en N.J. van der Braak (eds.),
Greenhouse climate control. An integrated approach. Wageningen Pers, 279 pp
- Conover, C.A. en R.T. Poole, 1984
Acclimatization of indoor foliage plants. Hort. Review 6:119-154
- Corsten, R., 1994
Chrysant : maatregelen tegen roest, botrytis en zwartstelen.
- Corsten, R., 1995
Chrysant: Turboklimaat en kort verduisteren. Vakblad voor de Bloemisterij 50(8):32
- De Graaf, R., 1993
Plantverdamping. De werking van een levensproces. Vakblad voor de Bloemisterij
48(23):30-31
- De Graaf, R., 1995
Influence of moisture deficit leaf-air and cultural practices on transpiration of glasshouse
roses. Acta Hort. 401:545-552
- De Koning, A., 1995
Regelen op plantprocessen is doelgerichter dan regelen op kasklimaat. Vakblad voor de
Bloemisterij 50(39): 44-45
- De Veld, P., 1998
Houd het najaarsklimaat van chrysant strak in de hand. Vakblad voor de Bloemisterij
53(37):53
- Durieux, A., H.C.M. Nijssen en N.M. van Mourik, 1997.
Invloed van klimaatfactoren op productie en fotosynthese bij snij-anthurium. Proefstation
voor Bloemisterij en Glasgroenten, Rapport 82, 63 pp.
- Esmeyer, M.H. en H.J. van Telgen, 1993
Groei en productie van snijbloemen. Er valt nog veel te leren. Vakblad voor de Bloemisterij
48(23):34-35
- Esmeyer, M.H., 1998
Minimale transpiratie in relatie tot energieverbruik, productie en kwaliteit van
glastuinbouwgewassen. PBG rapport 154, 52 pp.
- Fjeld, T., 1986
The effect of relative humidity, light intensity and temperature on keeping quality of *Begonia*
X Cheimantha Everett. Acta Hort. 181: 251-255
- Fjeld, T., H.R. Gislerød, V. Revhaug and L.M. Mortensen. 1994
Keeping quality of cut roses as affected by high supplementary irradiation. Scientia Hort.
57:157-164
- Fjeld, T., 1992
The Effect of Light Acclimatization on Photosynthesis, Light Compensation Point,
Carbohydrate Content, and Keeping Quality of Christmas Begonia (*Begonia x cheimantha*
Everett). Gartenbauwissenschaft 57(3): 115-120
- Gislerød, H.R. en L.M. Mortensen, 1990
Relative humidity and nutrient concentration affect nutrient uptake and growth of *Begonia x*
himealis. HortScience 25(5):524-526
- Gislerød, H.R. en P.V. Nelson, 1989.
The interaction of relative humidity and carbon dioxide enrichment in the growth of
Chrysanthemum x morifolium Ramat.
- Gislerød, H.R., A.R.Selmer-Olsen en L.M. Mortensen, 1987.
The effect of air humidity on nutrient uptake of some greenhouse plants. Plant and Soil
102:193-196.

- Goeijenbier, P.G.H.M., 1986
Regelen via klimaatinstelling mogelijk. Plotseling verandering in verdamping schadelijk voor gewas. Vakblad voor de Bloemisterij 41(12):52-55
- Grange, R.I. en D.W.Hand, 1987
A review of the effects of atmospheric humidity on the growth of horticultural crops. Journ. of Hort. Science 62(2):125-134
- Grootscholten, A., 1994
Primula acaulis: botrytis is vijand nummer 1. Vakblad voor de Bloemisterij 49(45):44
- Halevy, A.H. en S. Mayak, 1979
Senescence and postharvest physiology of cut flowers, part 1. Hort. Reviews 1:204-236
- Hand, D.W., F.A. Langton, M.A. Hannah en K.E. Cockshull, 1996
Effects of humidity on the growth and flowering of cut-flower chrysanthemums (*Dendranthema grandiflorum* Tzvelev). J. of Hort. Sci 71(2):227-234
- Hendriks, L., 1997
Einblicke in den Bestand. Starker Einfluß der Standweite auf Mikroklima und Qualität. Gärtnerbörse 97(12):682-684
- Jasperse, H.C. en E.A.J.M. Coolen, 1996
Winst boeken met een optimale klimaatregeling. Vakblad voor de Bloemisterij 51(14):43
- Kerssies, A. 1993
Botrytis cinerea en echte meeldauw. Het klimaat als bestrijdingsmiddel. Vakblad voor de Bloemisterij, 48(23):40-41
- Kerssies, A., 1994
Epidemiology of Botrytis spotting on gerbera and rose flowers grown under glass. Thesis Wageningen.
- Klapwijk, D., 1990a
Gebrekkig calciumtransport in plant veroorzaakt afwijkingen. Vakblad voor de Bloemisterij 45(2):54
- Klapwijk, D., 1990b
Afwijkingen als gevolg van gebrekkig calciumtransport. Vakblad voor de Bloemisterij 45(2):55
- Leider, M.J., 1976
Acclimatization is the process of adapting a plant to an environment different from the one in which the plant was grown. Florist Review 158 (4093):103-105, 160.
- Maas, F., 1992
Condens niet onderschatten. Goede klimaatregeling voorkomt botrytis in Freesia. Vakblad voor de Bloemisterij 47(34):34-35
- Marissen, N. en J. Benninga, 1999
Bedrijfsvergelijken onderzoek houdbaarheid roos. Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente. Rapport 193, 43pp.
- Markhart, A.H. III en M.S. Harper, 1995
Deleterious effects of sucrose in preservative solutions on leaves of cut roses. HortScience 30(7):1429-1432.
- Mortensen, L.M. and H.R. Gislerød, 1996
The effect of root temperature on growth, flowering and vase life of greenhouse roses grown at different air temperatures and CO₂ concentrations. Gartenbauwissenschaft 61(5):211-214
- Mortensen, L.M. en Gislerød, H.R. 1997
Effects of air humidity and air movement on the growth and keeping quality of roses. Gartenbauwissenschaft, 62(6):273-277
- Mortensen, L.M. en H.R. Gislerød, 1990
Effects of air humidity and supplementary lighting on foliage plants. Scientia Hort. 44:301-308
- Mortensen, L.M. en T. Fjeld, 1995
High air humidity reduces the keeping quality of cut roses. Acta Hort. 405:148-155

- Mortensen, L.M. en T. Fjeld, 1997
Effects of air humidity, lighting period and lamp type on growth and vase life of roses. *Scientia Hort.* 73:229-237
- Mortensen, L.M., 1986
Effect of relative humidity on growth and flowering of some greenhouse plants. *Scientia Hort.*, 29:301-307
- Mulderij, G.E. en A.A.E. Bulle, 1994
Ficus 'Starlight' unter der Lupe. *Gärtnerbörse* 94(39):1975-1977
- Mulderij, G.E., 1995a
Overzicht klimaatproeven 1991-1994. Veel groene planten hebben baat bij luchtbevochtiging in zomer. *Vakblad voor de Bloemisterij* 50(21):40-41
- Mulderij, G.E., 1995b
Vernevelen doet groene kamerplanten ook in voorjaar goed. *Vakblad voor de Bloemisterij* 50(4):32-33
- Mulderij, G.E., 1997
Zomerklimaat potplanten 1996. PBG-rapport 75. 39 pp.
- Nijentap, J., 1995
Eustoma: rekening houden met gevoelige plantkop. *Vakblad voor de Bloemisterij* 50(8):33
- Otten, W. 1993
Grondteelten en kamerplanten. Verdamping uit grond belangrijker dan je denkt. *Vakblad voor de Bloemisterij* 48(23):32-33.
- Papenhagen, A. 1986
Hohe luftfeuchte hat auf Pflanzen begrenzten einfluß. *Gb + Gw* 86(36):1343-1346
- Poole, R.T. en C.A. Conover, 1993
Reaction of three bromeliads to high humidity during storage. *Foliage digest* 16(5):5-6
- Pronk, H., 1995
Freesia: Zorgvuldig schermen en luchten. *Vakblad voor de Bloemisterij* 50(8):30
- Reerds, J. 1983
Vochtprobleem centraal (4) Condensvorming in de kas. *Vakblad voor de Bloemisterij* 38(47):38-39
- Rijsdijk, A.A., 1998a
Temperatuur integreren loont. *Vakblad voor de Bloemisterij* 53(13):46-48
- Rijsdijk, A.A., 1998b
Vrijere regeling klimaat geeft rust en besparing. *Vakblad voor de Bloemisterij* 53(53):48-49
- Rijsdijk, A.A., J.V.M. Vogelesang, G.J.L. van Leeuwen, F.R. van Noort, G. Heij, G.E. Mulderij, J. de Hoog en H. Jasperse, 1998
Temperatuurintegratie op etmaalbasis. Onderzoek op PBG en praktijkbedrijven bij potplanten, roos en paprika. Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroenten, Rapport 135, 73 pp
- Salinas, J., D.C.M. Glandorf, F.D. Picavet, en K. Verhoeff, 1989
Effects of temperature, relative humidity, and age of conidia on the incidence of spotting on gerbera flowers caused by *Botrytis cinerea*. *Neth. J. Pl. Path.* 95 :51-64
- Schipper, J.A., J.A. van der Weijden, P.N.A. Bruin en G.G.M. van der Valk, 1988
Bleke bloemen in Ideal. Transpireren doet irissen goed. *Bloembollencultuur* 99(24):18-20
- Slootweg, G. en U. van Meeteren, 1991
Transpiration and stomatal conductance of roses cv Sonia grown with supplemental lighting. *Acta Hort.* 298:119-125
- Slootweg, G., 1999
Regulering van de verdamping van snijbloemen na de oogst. PBG intern verslag project 1426, 21 pp.
- Steinbuch, F., M.G. Hoogeveen en M.J.H. Rewinkel, 1985
Aechmea is onder dubbel dek te telen. *Vakblad voor de Bloemisterij* 40(46):34-35
- Ter Hell, B en L. Hendriks, 1994
Haltbarkeit von Topfpflanzen im über Kulturmaßnahmen. *Taspo-Gartenbaumagazin* 4(3):12-14
- Van Buren, J. 1994
Hortensia: zwarte bladeren en zwarte bloemen. *Vakblad voor de Bloemisterij* 49(45):43

- Van de Ende, W.C. en L.J.M. van de Knaap, 1983
Kwaliteit rozen komt verder dan de klok. Vakblad voor de Bloemisterij 38(21):28-31
- Van den Berg, A.J., 1983.
Vochtproblematiek centraal (1). Verdamping en vochtopname. Vakblad voor de Bloemisterij 38(44):38-41
- Van den Hoek, A., 1992
Glazigheid en bladmisvorming bij Asplenium. Herfstklimaat brengt gewas in problemen. Vakblad voor de Bloemisterij 47(45):45
- Van der Velden, N.J.A., B.J. van der Sluis en A.P. Verhaegh, 1995
Energie in de glastuinbouw van Nederland; Ontwikkelingen in de sector en op bedrijven t/m 1993. Den Haag, LEI-DLO periodieke rapportage 39-92, 76 p
- Van der Velden, N.J.A., R. Bakker en A.P. Verhaegh, 1998
Energie in de glastuinbouw van Nederland; Ontwikkelingen in de sector en op bedrijven t/m 1997. Den Haag, LEI-DLO periodieke rapportage 39-96, 63 p
- Van der Voorden, H., 1995
Alstroemeria: Opvangen van de lage luchtvochtigheid. Vakblad voor de Bloemisterij 50(8):31
- Van der Werken, E., 1994
Cymbidium niet koud de winter door. Vakblad voor de Bloemisterij 49(45):41
- Van Dijk, J. en V. de Koning, 1998
Luchtbevochtiging voorkomt stress. Groeiwinst door betere licht- en CO₂-benutting. Vakblad voor de Bloemisterij 53(21):26-47
- Van Dijk, J., 1995
Anjer: Optimaal inspelen op omstandigheden. Vakblad voor de Bloemisterij 50(8):30
- Van Doorn, W.G. 1997
Waterrelations of cutflowers. Hort. Rev. 18:1-85
- Van Holsteijn, G.P.A., 1985b
Zon heeft soms nadelige invloed op kwaliteit van product. Schermen tegen te veel instraling. Vakblad voor de Bloemisterij 40(34):42,43,45
- Van Holsteijn, G.P.A., 1993
Praten over luchtvochtigheid g/m³, % en kPA. Vakblad voor de Bloemisterij 48(36):48-49
- Van Holsteijn, G.P.A., 1994a
Kasklimaat in de vier jaargetijden: Winter. Vakblad voor de Bloemisterij 49(45):38-40
- Van Holsteijn, G.P.A., 1994b
Kasklimaat in de vier jaargetijden: Najaar. Vakblad voor de Bloemisterij 49(32):20-22
- Van Holsteijn, G.P.A., 1995
Kasklimaat in de vier jaargetijden: Voorjaar. Vakblad voor de Bloemisterij 50(8):28-30
- Van Holsteijn, G.P.A., 1985a
Energiebesparende maatregelen verergeren situatie. Zorgen voor juiste beheersing luchtvochtigheid. Vakblad voor de Bloemisterij 40(33):32-35
- Van Weerdenbrug, A., 1998
Zó regelt u het kasklimaat. Energiebesparing zonder concessies aan productie en kwaliteit. Vakblad voor de Bloemisterij 53(21):44-45
- Verberkt, H., 1997
Bladbeschadiging hortensia door sterke klimaatwisselingen. Vakblad voor de Bloemisterij 52(13):64
- Verberkt, H., J. Sonneveld en R. de Koster, 1992
Minder witte bloemetjes door rustige teelt en aanpassen bemesting. Cultivarkeuze mede bepalend voor 'witte bloemetjes'. Vakblad voor de Bloemisterij 47(3):28-30
- Vogelezang, J. en P. van Weel, 1989
Bench heating systems and their influence on microclimate. Acta Hort. 245: 243-251
- Vogelezang, J.V.M., 1993
Fysiogene afwijkingen. Luchtvochtigheid, één van de invloedrijke factoren. Vakblad voor de Bloemisterij 48(23):38-39
- Vonk Noordegraaf, C. and G.W.H. Welles, 1995
Product quality (92-97) in: J.C. Bakker, G.P.A. Bot, H. Challa en N.J. van der Braak (eds.), Greenhouse climate control. An integrated approach. Wageningen Pers, 279pp

Vonk Noordegraaf, C., 1995

How to obtain and maintain quality. Acta Hort 405:123-131

Williamson, B., G.H. Duncan, J.G. Harrison, L.A. Harding, Y. Elad en G. Zimand, 1995

Effect of humidity on infection of rose petals by dry inoculated conidia of *Botrytis cinerea*.
Mycol. Res. 99(11):1303-1310